

## Method of interrogating a radar transponder, and transponder for implementing the method

Patent Number: FR2683326

Publication date: 1993-05-07

Inventor(s): FRANCOIS LE CHEVALIER;; ANNE GASCARD

Applicant(s): THOMSON APPLIC RADARS CENTRE (FR)

Requested Patent:  FR2683326

Application Number: FR19910013489 19911031

Priority Number(s): FR19910013489 19911031

IPC Classification: G01S13/74

EC Classification: G01S13/78B2, G01S13/76R

Equivalents:

---

### Abstract

---

A method of interrogating a radar transponder, and transponder for implementing the method. The interrogating signals are in the form of codes consisting of two pulses separated by a time interval  $T_c$  and with carrier frequencies such that their difference  $\Delta f_c$  is not zero. To each pair of values ( $T_c$ ,  $\Delta f_c$ ), there corresponds a unique transponder capable of understanding the message intended for it. To achieve this, a radar transponder according to the invention includes means for measuring the difference  $\Delta f$  between the carrier frequency of a signal received at the current instant of time and that of the signal received at a time interval  $T_c$  beforehand, and means for comparing the measured value of  $\Delta f$  with the value  $\Delta f_c$  assigned to the transponder. Application particularly to the real-time tracking of the

trajectories of different missiles on test firing ranges. 

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 683 326

(21) N° d'enregistrement national :

91 13489

(51) Int Cl<sup>8</sup> : G 01 S 13/74

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 31.10.91.

(71) Demandeur(s) : Société dite: LE CENTRE THOMSON  
D'APPLICATIONS RADARS — FR.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 07.05.93 Bulletin 93/18.

(72) Inventeur(s) : Gascard Anne et Le Chevalier  
François.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(73) Titulaire(s) :

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(74) Mandataire : Malbec Sylvie.

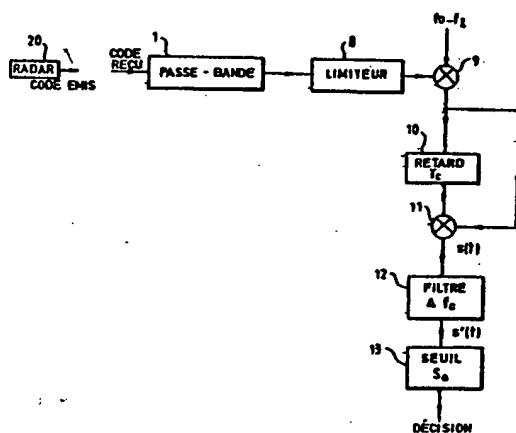
(54) Procédé d'interrogation d'un répondeur radar et répondeur pour la mise en œuvre du procédé.

(57) La présente invention concerne un procédé d'interrogation d'un répondeur radar et répondeur pour la mise en œuvre du procédé.

Selon l'invention, les signaux d'interrogation sous forme de codes composés de deux impulsions espacées d'une durée  $T_c$  et de fréquences porteuses respectives telles que leur différence  $\Delta f_c$  soit non nulle. A chaque couple de valeurs ( $T_c, \Delta f_c$ ) correspond un unique répondeur capable de comprendre le message qui lui est destiné.

Pour ce faire, un répondeur radar selon l'invention dispose de moyens pour mesurer la différence  $\Delta f$  entre la fréquence porteuse d'un signal reçu à l'instant courant et celle du signal reçu un intervalle de temps  $T_c$  auparavant, et de moyens pour comparer la valeur  $\Delta f$  mesurée avec la valeur  $\Delta f_c$  affectée au répondeur.

L'invention est particulièrement intéressante pour le suivi en temps réel de la trajectoire de différents mobiles sur les champs d'essais de tir.



FR 2 683 326 - A1



PROCEDE D'INTERROGATION D'UN  
REPONDEUR RADAR ET REPONDEUR  
POUR LA MISE EN OEUVE DU PROCEDE

5

La présente invention concerne un procédé d'interrogation d'un répondeur radar et répondeur pour la mise en oeuvre du procédé.

Sur les champs d'essais de tir, les différents mobiles que l'on teste, par exemple des missiles, sont équipés de répondeurs afin 10 d'assurer le suivi en temps réel de leur trajectoire.

Un code d'interrogation émis par les radars environnant est affecté à chaque répondeur, de telle sorte qu'un seul mobile puisse répondre à l'interrogation qui lui est destinée. Les codes utilisés à l'heure actuelle sont constitués de deux impulsions émises sur porteuse et 15 séparées d'un intervalle de temps  $T_C$  correspondant au paramètre du code. A la réception d'un tel code, chaque répondeur réagissant sur le front montant des impulsions, mesure le paramètre  $T_C$ , le compare avec le paramètre qui lui est affecté, et, en cas de correspondance, répond à l'interrogation.

20 Un premier inconvénient de ce type de codes réside dans la limitation du nombre de codes possibles, et par conséquent, du nombre de mobiles testés : en effet, la norme actuelle fixe l'intervalle de temps maximal entre deux impulsions à environ  $12 \mu s$ , et, compte tenu du pouvoir de discrimination des répondeurs actuels qui est sensiblement de 25  $1 \mu s$ , seulement dix codes différents sont utilisés, répartis entre  $3 \mu s$  et  $12 \mu s$ .

La possibilité d'affecter à des groupes de répondeurs différentes fréquences porteuses est exclue du fait de la grande dynamique de puissance des signaux reçus qui ne permet pas de faire 30 une discrimination en fréquence suffisante à un coût raisonnable.

De plus, les résultats non satisfaisants obtenus par l'utilisation de ces codes ont conduit la demanderesse à étudier les causes de

fausses réponses ou de manques de réponses de la part des mobiles : les fausses réponses surviennent lorsque deux impulsions parasites forment un code, c'est-à-dire, sont décalées d'un intervalle de temps  $T_c$  caractéristique d'un répondeur. Ces fausses réponses sont relativement fréquentes compte tenu de la présence, sur le champ de tir, et à proximité, de nombreux radars n'ayant pas tous la fonction d'interroger les mobiles. Quant aux manques de réponses, ils peuvent survenir soit à la suite d'une fausse réponse, chaque réponse étant suivie d'un temps mort durant lequel le répondeur ne réagit plus aux interrogations, soit lorsqu'une impulsion parasite se produit juste avant une impulsion de code, masquant alors le front montant de cette dernière.

Un but de l'invention est de proposer un nouveau type de codes permettant de tester un plus grand nombre de mobiles, sans avoir à apporter des modifications trop importantes au niveau des radars interrogateurs.

Un autre but de l'invention est de diminuer sensiblement les erreurs du type fausses réponses ou manques de réponses.

Plus précisément, un objet de l'invention concerne un procédé d'interrogation, à partir de radars, de répondeurs radars, caractérisé en ce qu'il consiste à :

- émettre, à partir d'au moins un radar, des signaux d'interrogation sous forme de codes composés de deux impulsions espacées d'une durée  $T_c$  et de fréquences porteuses respectives telles que leur différence  $\Delta f_c$  soit non nulle, les valeurs du couple ( $T_c, \Delta f_c$ ) étant variables pour chaque code de sorte qu'un code ne soit destiné qu'à un seul répondeur radar ;
- mesurer, au niveau de chaque répondeur radar, la différence  $\Delta f$  entre la fréquence porteuse d'un signal reçu à l'instant courant et celle du signal reçu un intervalle de temps  $T_c$  auparavant, où  $T_c$  est propre à chaque répondeur ;
- comparer la valeur de  $\Delta f$  avec la valeur  $\Delta f_c$  affectée à chaque répondeur ;

- répondre en cas d'égalité entre  $\Delta f$  et  $\Delta f_C$ .

Un autre objet de l'invention est un répondeur radar apte à répondre à une interrogation conforme au procédé selon les 5 revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens pour mesurer la différence  $\Delta f$  entre la fréquence porteuse d'un signal reçu à l'instant courant et celle du signal reçu un intervalle de temps  $T_C$  auparavant ;
- des moyens pour comparer la valeur de  $\Delta f$  avec une valeur 10  $\Delta f_C$  propre au répondeur et décider de répondre en cas d'égalité.

L'invention, ainsi que ses avantages, seront mieux compris au vu de la description suivante, en référence aux figures annexées :

- la figure 1 est un premier mode de réalisation possible d'un 15 dispositif de réception, équipant un répondeur et capable de reconnaître un code temps-fréquence selon l'invention ;
- la figure 2 est un second mode de réalisation possible de ce même dispositif selon l'invention.

Le procédé selon l'invention propose donc d'interroger les 20 répondeurs en émettant un signal codé suivant un code formé de deux impulsions espacées d'une durée  $T_C$ , et émises sur deux porteuses différentes  $f_1$  et  $f_2$ , choisies par exemple dans la bande C. Par rapport aux codes utilisés actuellement, le code temps-fréquence selon l'invention présente ainsi un paramètre supplémentaire que l'on choisit 25 comme étant la différence  $\Delta f_C$  entre les deux fréquences porteuses  $f_1$  et  $f_2$ . Le choix de ce paramètre vient du fait qu'il est plus facile de mesurer un décalage en fréquence, en prenant par exemple une des fréquences porteuses comme référence, que de mesurer la valeur absolue d'une fréquence.

30 De plus, le nombre de codes disponibles est plus important puisqu'il augmente, pour une même durée maximale d'interrogation de 12  $\mu s$ , dans un rapport égal au nombre de paramètres  $\Delta f_C$  utilisés.

Par ailleurs, le taux de fausses réponses et par suite, de manque de réponses, diminue d'un facteur correspondant à la probabilité que deux impulsions parasites données soient décalées en fréquence de  $\Delta f_C$ .

5 L'émission d'un nouveau code temps-fréquence impose au récepteur de chaque répondeur d'être équipé de moyens pour mesurer le décalage en fréquence  $\Delta f_C$ . La mesure de  $\Delta f_C$  peut s'effectuer soit par mesure des deux fréquences, soit en mélangeant les deux impulsions et en mesurant la fréquence du signal résultant.

10 La figure 1 représente un schéma-bloc d'un mode de réalisation possible d'un dispositif de réception équipant un répondeur, et capable de reconnaître une interrogation qui lui est destinée, cette interrogation étant formée d'un code temps-fréquence selon l'invention. Cette interrogation est émise par exemple par un radar 20.

15 Le répondeur est caractérisé par les deux paramètres  $T_C$  et  $\Delta f_C$  correspondant respectivement à la durée entre les deux impulsions du code qu'il sait reconnaître à la différence  $(f_2-f_1)$  entre les porteuses  $f_1$  et  $f_2$  de chaque impulsion. Le signal ou code reçu par le dispositif est classiquement filtré par un passe-bande 1 de gabarit assez grand pour 20 laisser passer les fréquences porteuses. Le signal filtré est alors démodulé par une fréquence  $f_0$ , choisie par exemple parmi les deux fréquences  $f_1$  et  $f_2$ , à l'aide d'un mélangeur 2. Le signal issu du mélangeur 2 a une fréquence comprise entre 0 et 20 MHz qu'il est possible de mesurer grâce à un dispositif de détection 3 de signal, par 25 exemple du type comparaison à un seuil d'amplitude, qui fournit l'instant  $t_0$  de détection servant d'instant de déclenchement à un dispositif de mesure 4 de la fréquence  $f(t)$  du signal démodulé. La mesure de  $f(t)$  peut se faire par exemple en comptant les passages à zéro du signal démodulé.

30 Dans l'optique de pouvoir mesurer la différence de fréquence  $\Delta f$  entre les deux impulsions, et dans l'hypothèse où ces impulsions sont bien séparées d'un intervalle de temps  $T_C$ , les valeurs de fréquences

mesurées sont stockées pendant une durée  $T_C$  dans un dispositif de stockage 5. Si l'on note  $\Delta t$  la tolérance faite sur l'intervalle de temps  $T_C$ , typiquement de l'ordre de  $300 \mu s$ , le dispositif selon l'invention prévoit préférentiellement de faire des mesures de fréquences et de stocker ces

5 mesures tous les  $\frac{\Delta t}{2}$ . Avantageusement, le dispositif de stockage 5 est un registre à décalage de longueur  $T_C$ , capable de mémoriser  $T_C/\Delta t$  valeurs dans autant de cases mémoire. Lorsqu'aucune détection de signal n'est effectuée au niveau du dispositif de détection 3, la case d'entrée du registre est mise systématiquement à une valeur fixe ne

10 pouvant correspondre à une fréquence possible. Chaque valeur de  $f(t)$  arrivant dans le registre à décalage est soustraite à la valeur stockée un intervalle de temps  $T_C$  auparavant par l'intermédiaire d'un dispositif de calcul 6 fournissant la différence de fréquence  $\Delta f$  recherchée. Un dispositif de comparaison 7 compare alors  $\Delta f$  avec le paramètre  $\Delta f_C$  du

15 répondeur. L'égalité est obtenue dans le cas où le code reçu était effectivement adressé à ce répondeur. Ce dernier peut prendre, le cas échéant, la décision de répondre à l'interrogation.

La figure 2 représente un autre mode de réalisation du dispositif de réception d'un code temps-fréquence selon l'invention, dans

20 lequel la mesure du paramètre  $\Delta f_C$  s'effectue par le mélange des deux impulsions reçues et la mesure de la fréquence du signal résultant ; plus précisément, en se référant à la figure 2, le signal reçu est toujours filtré par un passe-bande 1, comme dans le cas de la figure 1. Le signal filtré est ensuite appliqué à un limiteur 8 qui permet d'éliminer les problèmes

25 dus à une grande dynamique en puissance. Pour simplifier le traitement, le signal issu du limiteur 8 est alors transposé en fréquence intermédiaire par un mélangeur 9, puis, le signal résultant est multiplié au niveau d'un mélangeur 11 par le même signal retardé d'une durée  $T_C$  par une ligne à retard 10. La détection du code s'effectue ensuite grâce à un filtre

30 passe-bande 12 centré sur  $\Delta f_C$ , suivi d'un comparateur 13.

Le fonctionnement du dispositif de la figure 2 sera mieux compris au vu de la formulation mathématique suivante :

Supposons que le code reçu par le dispositif de la figure 2 soit constitué, conformément à l'invention, de deux impulsions, de fronts, par exemple montants, séparés par une durée  $T$ , la première impulsion transmettant un signal  $s_1(t)$  de fréquence porteuse  $f_1$ , et la deuxième 5 impulsion transmettant un signal  $s_2(t)$  de fréquence porteuse  $f_2$ . Les deux signaux  $s_1(t)$  et  $s_2(t)$  ont par exemple une même amplitude  $E$ , de sorte que l'on peut écrire :

$$\begin{cases} s_1(t) = E \sin(2\pi f_1 t) \\ s_2(t) = E \sin(2\pi f_2 t) \end{cases}$$

10

Le limiteur 8 limite alors l'amplitude des deux signaux  $s_1(t)$  et  $s_2(t)$  à une valeur  $A$  correspondant au plus à la plus petite amplitude susceptible d'être reçue.

En sortie du mélangeur 11, le signal s'écrit :

15

$$\begin{cases} S(t) = \frac{A^2}{2} [\cos(2\pi\Delta f t) - \cos(2\pi(f_1 + f_2)t)] \\ \text{Avec } \Delta f = |f_2 - f_1| \text{ si } T = T_c \\ S(t) = 0 \text{ si } T \neq T_c \end{cases}$$

Lorsque le signal  $s(t)$  est non nul, son passage par le filtre passe-bande 12 centré sur  $\Delta f_c$  et de fonction gain  $G(f)$  permet d'obtenir 20 un signal  $s'(t)$  tel que :

$$s'(t) = G(\Delta f) \frac{A^2}{2} \cos 2\pi\Delta f t$$

Le comparateur 13, par comparaison à un seuil d'amplitude  $S_0$ , 25 permet alors de détecter uniquement les signaux  $s'(t)$  de fréquence  $\Delta f_c$ .

Notons que le seuil d'amplitude  $S_0$  doit satisfaire à la double inégalité suivante :

$$\frac{A^2}{2} G(\Delta f_m) < S_0 < \frac{A^2}{2} G(\Delta f_c)$$

5  $\Delta f_m$  étant la première valeur de  $\Delta f$  que l'on souhaite rejeter.

A l'issue de la comparaison, le dispositif peut prendre ou non la décision de répondre au code reçu.

Pour des raisons de coûts et de faible encombrement, on choisira préférentiellement une ligne à retard 10 à ondes de surface.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'interrogation, à partir de radars, de répondeurs radars, caractérisé en ce qu'il consiste à :

5        - émettre, à partir d'au moins un radar, des signaux d'interrogation sous forme de codes composés de deux impulsions espacées d'une durée  $T_C$  et de fréquences porteuses respectives telles que leur différence  $\Delta f_C$  soit non nulle, les valeurs du couple ( $T_C$ ,  $\Delta f_C$ ) étant variables pour chaque code de sorte qu'un code ne soit destiné  
10      qu'à un seul répondeur radar ;

      - mesurer, au niveau de chaque répondeur radar, la différence  $\Delta f$  entre la fréquence porteuse d'un signal reçu à l'instant courant et celle du signal reçu un intervalle de temps  $T_C$  auparavant, où  $T_C$  est propre à chaque répondeur ;

15      - comparer la valeur de  $\Delta f$  avec la valeur  $\Delta f_C$  affectée à chaque répondeur ;

      - répondre en cas d'égalité entre  $\Delta f$  et  $\Delta f_C$ .

2. Procédé d'interrogation selon la revendication 1, caractérisé  
20 en ce que, après démodulation des signaux reçus, la mesure de la différence  $\Delta f$  consiste à :

      - détecter la présence d'un signal pour déclencher des mesures de fréquence ;

      - faire une pluralité de mesures de la fréquence des signaux  
25      successifs reçus ;

      - stocker lesdites mesures ;

      - soustraire à la mesure courante de la fréquence la mesure effectuée un intervalle de temps  $T_C$  auparavant.

30      3. Procédé d'interrogation selon la revendication 2, caractérisé en ce que les mesures effectuées sur des signaux nuls sont remplacées par une valeur déterminée, non représentative d'une fréquence possible.

4. Procédé d'interrogation selon la revendication 1, caractérisé en ce que la mesure de la différence  $\Delta f$  consiste à mélanger ledit signal reçu à l'instant courant avec ledit signal reçu un intervalle de temps  $T_c$  auparavant pour obtenir un signal résultant de fréquence  $\Delta f$ , et en ce que la comparaison de la valeur  $\Delta f$  avec  $\Delta f_c$  consiste à effectuer un filtrage passe-bande centré sur  $\Delta f_c$  dudit signal résultant et à comparer le signal filtré à un seuil  $S_0$ .

10 5. Répondeur radar apte à répondre à une interrogation conforme au procédé selon les revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens pour mesurer la différence  $\Delta f$  entre la fréquence porteuse d'un signal reçu à l'instant courant et celle du signal reçu un intervalle de temps  $T_c$  auparavant ;
- des moyens pour comparer la valeur de  $\Delta f$  avec une valeur  $\Delta f_c$  propre au répondeur et décider de répondre en cas d'égalité.

20 6. Répondeur radar selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il dispose d'un mélangeur (2) des signaux reçus avec une fréquence  $f_0$  pour démoduler ces signaux, et en ce que les moyens pour mesurer la différence  $\Delta f$  comprennent :

- un dispositif de détection (3) de signal pour déclencher des mesures de fréquence ;
- un dispositif de mesure (4) de la fréquence des signaux successifs reçus déclenchés par le dispositif de détection (3) pour effectuer une pluralité de mesures ;
- un dispositif de stockage (5) desdites mesures ;
- un dispositif de calcul (6) qui soustrait à la mesure courante de la fréquence, la mesure effectuée un intervalle de temps  $T_c$  auparavant.

7. Répondeur radar selon la revendication 6, caractérisé en ce que le dispositif de détection (3) est du type comparaison de l'amplitude du signal reçu à un seuil d'amplitude.

5 8. Répondeur radar selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que le dispositif de mesure (4) de la fréquence des signaux compte les passages à zéro desdits signaux.

9. Répondeur radar selon l'une quelconque des revendications 10 10 6 à 8, caractérisé en ce que le dispositif de mesure (4) effectue des mesures tous les  $\Delta t/2$ ,  $\Delta t$  étant la tolérance faite sur l'intervalle de temps  $T_C$ .

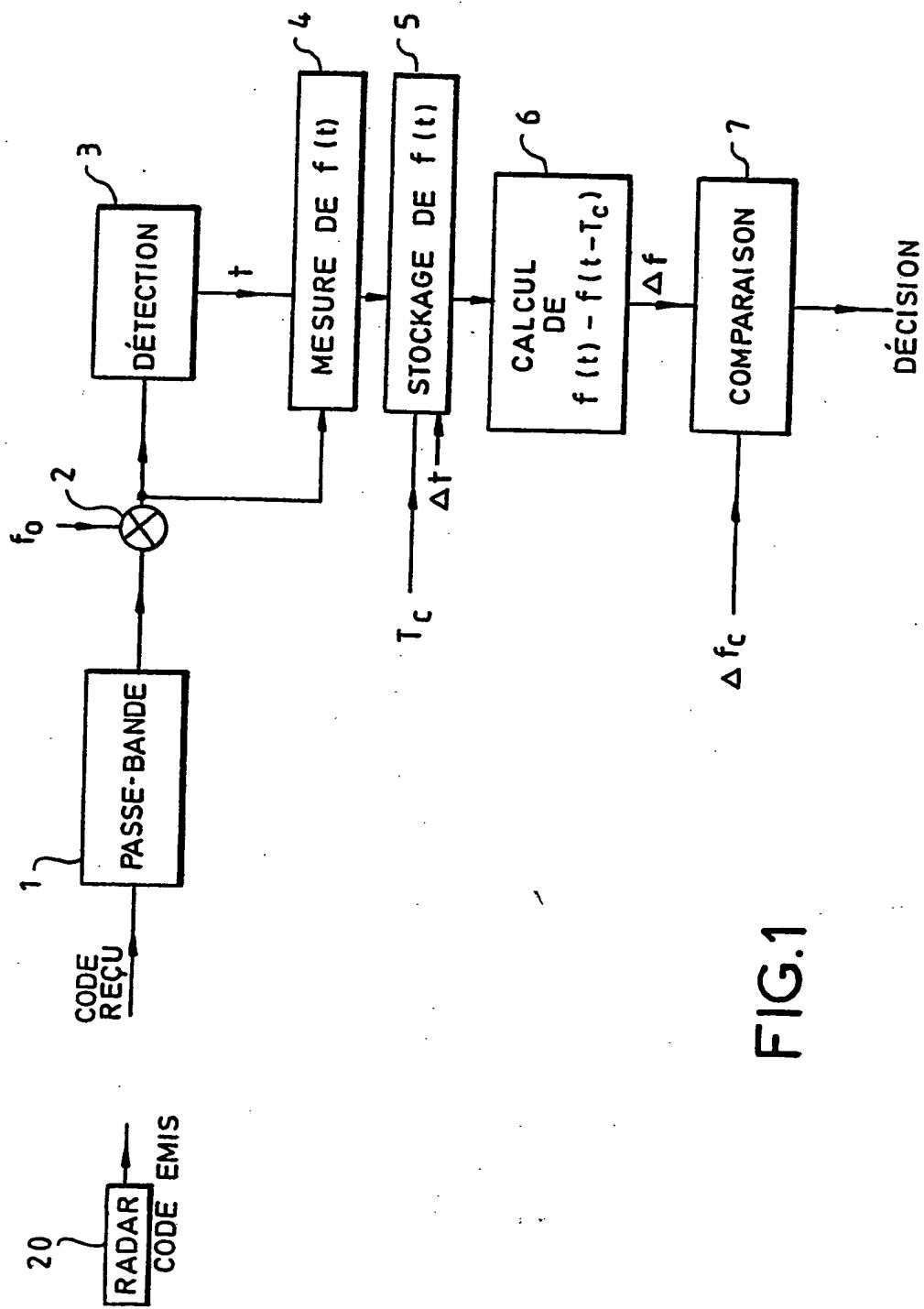
10. Répondeur radar selon la revendication 9, caractérisé en ce 15 que le dispositif de stockage (5) est un registre à décalage de longueur  $T_C$ , capable de mémoriser  $T_C/\Delta t$  valeurs dans autant de cases mémoire.

11. Répondeur radar selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens pour mesurer  $\Delta f$  comprennent :  
20 - une ligne à retard (10) de retard  $T_C$ , qui retarde d'un intervalle de temps  $T_C$  le signal reçu ;  
- un mélangeur (11) qui mélange ledit signal reçu à l'instant courant avec le signal retardé ;  
et en ce que les moyens pour comparer  $\Delta f$  avec  $\Delta f_C$  sont constitués d'un 25 filtre passe-bande (12) centré sur  $\Delta f_C$  et d'un comparateur (13) du signal issu du filtre (12) à un seuil  $S_0$ .

12. Répondeur radar selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il dispose, en outre, d'un mélangeur (9) qui transpose le signal 30 reçu en fréquence intermédiaire.

13. Répondeur radar selon l'une quelconque des revendications 11 ou 13, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, un limiteur (8) d'amplitude limitant l'amplitude des signaux reçus à une valeur A correspondant au plus à la plus petite amplitude susceptible d'être reçue.

1/2



2/2

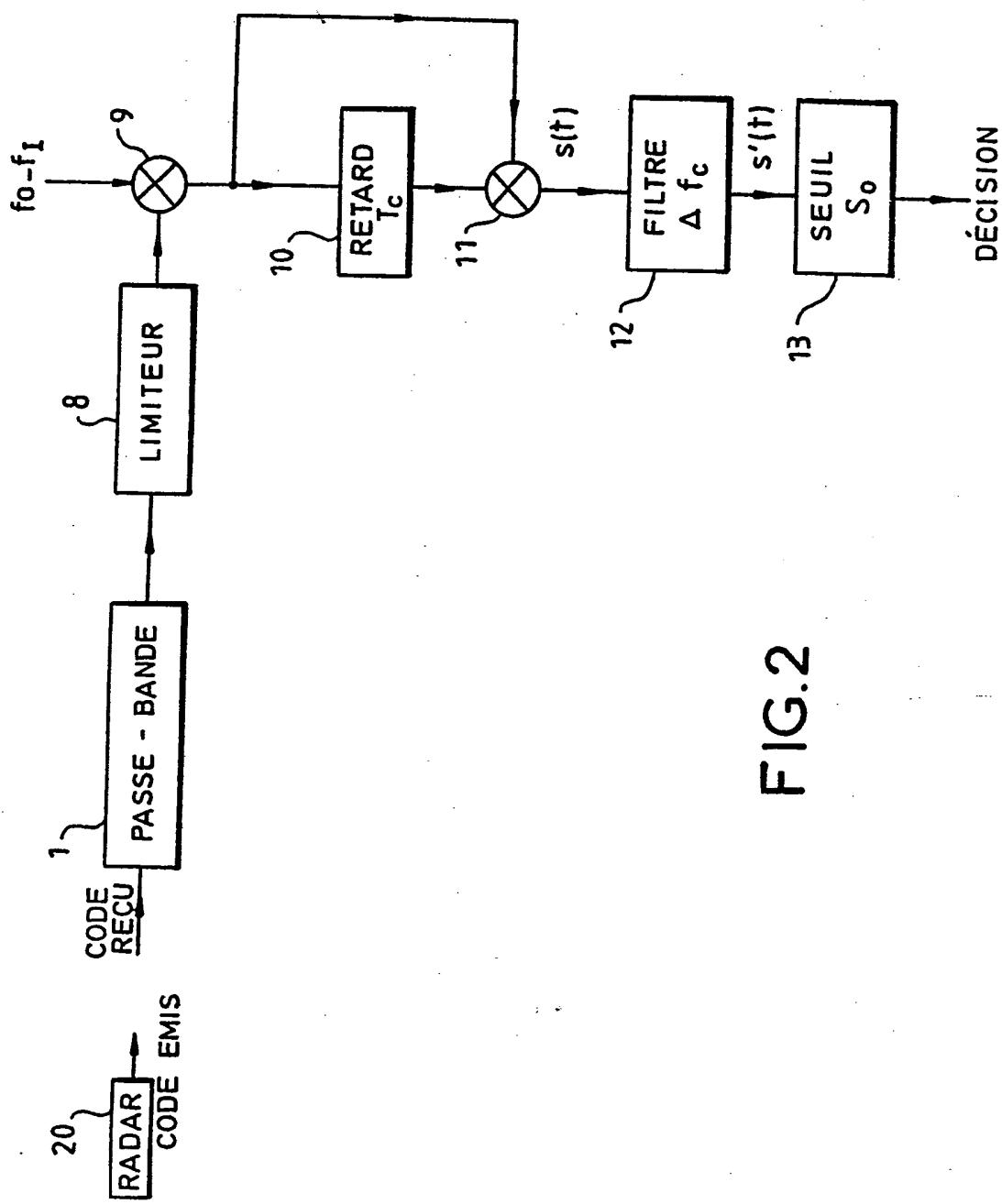


FIG.2

**INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE**

## RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FR 9113489  
FA 468117

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	FR-A-2 559 273 (INTERNATIONAL STANDARD ELECTRIC CORPORATION) * page 2, ligne 32 - page 3, ligne 12; revendication 2 *	1
A	US-A-4 646 090 (RCA) * colonne 1, ligne 49 - ligne 68 *	1
A	PROCEEDINGS OF THE I.R.E. vol. 37, no. 11, Novembre 1949, pages 1236 - 1242; C.J. HIRSCH: 'Pulse-Multiplex System for Distance Measuring Equipment (DME)' * Abrégé * * page 1237, alinéa IIIA -alinéa IIIB *	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		GO1S
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
29 JUIN 1992		Francesco Zaccà
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul	T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie	E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : pertinent à l'encontre d'un moins une revendication ou arrière-plan technologique général	D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite	L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire	A : membre de la même famille, document correspondant	

THIS PAGE BLANK (USPTO)